

---

*The conference «University science – 2016»*

---

Ударная вязкость листовой стали 10Г2ФБ  $KCV_{-20}=135$  Дж/см<sup>2</sup> и  $KCU_{-60}=154$  Дж/см<sup>2</sup>. Минимальные значения ударной вязкости получены в стали 13ГС толщиной  $\leq 13$  мм:  $KCV_{-20}=67$  Дж/см<sup>2</sup>,  $KCU_{-60}=85$  Дж/см<sup>2</sup>, что в  $\sim 1,5-2$  раза ниже, чем у стали 10Г2ФБ. Сталь 13Г1СУ двух вариантов толщин занимает промежуточное положение:  $KCV_{-20}=95$  Дж/см<sup>2</sup>,  $KCU_{-60}=114$  Дж/см<sup>2</sup> для листов толщиной  $\geq 13$  мм.

Сравнение значений коэффициентов асимметрии (As) и эксцесса (Ex), с критическими значениями 3SAs и 5SEx показывает, что характеристики механических свойств анализируемых выборок листовых сталей трех марок близки к нормальному закону распределения. Разброс механических свойств вызван преимущественно колебаниями химического состава стали и, соответственно, микроструктуры проката от плавки к плавке.

Что касается влияния температуры конца прокатки, то следует отметить, что самая высокая  $t_{к.п.}=800$  °C у стали 13ГС, затем в сторону снижения  $t_{к.п.}$ , у стали 10Г2ФБ (700-720 °C) и 13Г1СУ (690-710 °C).

Помимо влияния химического состава листовой стали, пониженная  $t_{к.п.}$  для стали 13Г1СУ не обусловила увеличение прочностных свойств и ударной вязкости в сравнении со сталью 10Г2ФБ.

По своим механическим характеристикам листовая сталь 10Г2ФБ является оптимальной для производства труб. Механические свойства стали удовлетворяют требованиям стандартов на различное давление и диаметр трубопровода.

### **ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МІКРОСТРУКТУРУ ТА СХИЛЬНІСТЬ ДО ТРИЩИННОУТВОРЕННЯ СУДОСТАЛІ Е36**

*В.Г. Гаврилова, доц., к.т.н., ГВУЗ «ПГТУ», Маріуполь, Україна;*

*А.Б. Гоголь, начальник ковальсько-штампувальної лабораторії  
НІОМЕТ «Азовзагальмаш», Маріуполь, Україна*

Сталь Е36 застосовується для виготовлення морських контейнерів-цистерн, корпусів судів усіх типів і призначень, а також корпусних конструкцій плаваючих бурових установок та інших

морських споруд, що постійно експлуатуються у нормальних кліматичних умовах.

У роботі виконане дослідження листової судосталі E36 (товщина листа 12 та 16 мм.) після різних способів термомеханічної обробки - контрольованої, та нормалізуючої прокаток, без додаткової термообробки. Хімічний склад досліджуваної сталі представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі E36 ( ДСТ 5521-93)

Вміст елементів, % мас.*													
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	N	Nb	Al	Cu	As
≤ 0,18	0,15 ÷ 0,5	0,9 ÷ 1,6	≤ 0,4	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,2	≤ 0,08	0,05 ÷ 0,1	≤ 0,008	0,02 ÷ 0,05	0,015 ÷ 0,06	≤ 0,35	≤ 0,08

\* Fe- решта.

Нагрівання під прокатку виконувалося вище  $A_{c3}$ , температура початку прокатки становила  $1220 \div 1180$  °C, тобто проходила в аустенітній області. Досліджувалися температури закінчення прокатки: 970 °C, 950 °C,  $930 \div 920$  °C,  $760 \div 740$  °C.

Традиційно, температури кінця контрольованої прокатки вибираються вище критичної точки  $A_{c1} \approx$  від  $700 \div 730$  °C. Деформація при такій температурі сприяє подрібненню зерна й одержанню ефекту внутрішньозеренного нагартування. Зважаючи на те, що перліт більш міцна складова мікроструктури, ніж ферит, він легше деформує зони фериту, а правильно обрана температура кінця прокатки впливає на зміцнення сталі. Однак, після контрольованої прокатки в структурі іноді може зберігатися смугастість, яка незадовільно впливає на рівень механічних властивостей. З метою усунення цього недоліку, листову сталь додатково піддають термообробці- нормалізації або поліпшенню. Якщо температури кінця прокатки вище критичної точки  $A_{c3}$ , то таку прокатку прийнято вважати нормалізуючою.

Як показала практика, при повторному нагріванні металу, отриманого методом контрольованої прокатки досить часто виника-

ють тріщини, які є непоправним браком, тому з метою визначення оптимального температурного режиму закінчення прокатки, щоб уникнути тріщиноутворення, був проведений аналіз механічних властивостей і вивчено мікроструктуру досліджуваної сталі після різних режимів термомеханічної обробки із закінченням прокатки в інтервалі температур  $980 \div 740$  °C. Дослідження показали незадовільні результати значень ударної в'язкості та роботи удару при температурах нижче ніж 930 °C і вище за 950 °C. Тому, для виготовлення контейнерів-цистерн, використовувати листовий прокат сталі E36, що пройшов контрольовану прокатку і вимагає повторного нагріву, не рекомендовано.

При застосуванні листової сталі E36, що пройшла контрольовану прокатку з температурами кінця прокатки, які відповідають міжкритичному інтервалу, різко зростала схильність до тріщиноутворення при повторному нагріванні металу під наступну механічну обробку, а також мала місце незадовільна зварюваність й утворення тріщин в зонах, прилеглих до зварного шва.

Встановлено, що при повторному нагріванні деталей, виготовлених із листів з меншою товщиною (12 мм), схильність до тріщин, у порівнянні з деталями з листа 16 мм, різко зростала, що могло бути наслідком збільшення ступеню нагартування перлітної складової в структурі.

Для запобігання тріщиноутворення при повторному нагріванні деталей з судосталі E36, згідно з отриманими результатами, слід рекомендувати замість контрольованої прокатки - нормалізуючу. Найбільш високі показники роботи удару отримані на поперечних і поздовжніх зразках, з листів, після нормалізуючої прокатки з температурою кінця прокатки 950 °C. Рекомендується закінчувати прокатку листів зі сталі E36 при температурах  $930 \div 950$  °C.

Застосування листової сталі E36, що пройшла нормалізуючу прокатку, при дотриманні технологічних рекомендацій, дозволить запобігти основних проблем, пов'язаних з повторним нагріванням при штампуванні, вигині, правці, різанні та зварюванні, що мають місце при виготовленні контейнерів-цистерн.